

TARTU ÜLIKOOL  
Kehakultuuriteaduskond  
Spordibioloogia ja füsioteraapia instituut

Mati Arend

**Sissehingamislihaste soojenduse mõju sooritusvõimele submaksimaalsel koormusel**

**Magistritöö**

Füsioteraapia õppekava

Juhendajad: Jarek Mäestu

Jana Kivastik

Raul Rämson

Tartu 2011

## SISUKORD

KASUTATUD LÜHENDID .....	3
1. SISSEJUHATUS.....	4
2. KIRJANDUSE ÜLEVAADE .....	5
2.1 Hingamiselundite ehitus ja talitus .....	5
2.2. Hingamislihased .....	5
2.2.1. Sissehingamislihased.....	6
2.2.2. Väljahingamislihased .....	8
2.3. Muutused organismis füüsilise töö ajal .....	8
2.4. Muutused hingamislihastes füüsilisel tööil .....	9
2.5 Hingamislihaste treeningu mõju sportlikule sooritusvõimele.....	11
2.5.1. Erinevate koormustestide efektiivsus hingamislihaste treeningu mõju hindamisel	13
2.5.2. Hingamislihaste treeningu mõju ratturitel.....	14
2.5.3. Hingamislihaste treeningu mõju vahelduvate sprintidega aladel ja jooksjatel.....	15
2.5.4. Hingamislihaste treeningu mõju sõudjatele .....	16
2.6. Sissehingamislihaste soojendus enne koormust.....	17
3. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED .....	20
4. TÖÖ METOODIKA .....	21
4.1. Vaatlusalused .....	21
4.2. Uuringute üldine korraldus.....	21
4.2.1. Spirograafia .....	22
4.2.2. Maksimaalse suuõõne rõhu määramine .....	22
4.2.4. Ühtlane töö sõudeergomeetril intensiivsusega 90% $VO_{2max}$ .....	23
4.2.5 Statistiline (andmete) analüüs .....	24
5. TÖÖ TULEMUSED .....	25
6. ARUTELU .....	28
7. JÄRELDUSED.....	31
8. KASUTATUD KIRJANDUS .....	32
9. SUMMARY .....	36
LISAD .....	37

## KASUTATUD LÜHENDID

**FEV<sub>1</sub>** - *forced expiratory volume in 1sec* - forsseeritud ekspiratoorne sekundimaht

**PEF** - *peak expiratory flow* – ekspiratoorne tippvool

**PIF** - *peak inspiratory flow* – inspiratoorne tippvool

**FVC** - *forced vital capacity* - forsseeritud vitaalkapatsiteet

**V<sub>E</sub>** - kopsude minutiventilatsioon

**VO<sub>2max</sub>** – maksimaalne hapnikutarbimine

**HLV** - hingamislihaste väsimus

**HLT** - hingamislihaste treening

**SHLT** - sissehingamislihaste treening

**VHLT** - väljahingamislihaste treening

**MIP** – *maximal inspiratory pressure* – maksimaalne suuõõnerõhk sissehingamisel

**MEP** – *maximal expiratory pressure* – maksimaalne suuõõnerõhk väljahingamisel

**KOK** – krooniline obstruktiivne kopsuhaigus

**SLS** – südamelöögisagedus

**HS** - hingamissagedus

## 1. SISSEJUHATUS

Tänapäeva tippspordis on edu ja ebaedu vahe väga väike ning kokkuvõttes võib otsustavaks saada treeningu professionaalne piasiasjadeni planeerimine, mis on vastavuses seatud eesmärkidega. Edukas ollakse reeglina siis, kui täiustatakse oma nõrgemaid külgi ning kui lähenemine treeningule on innovaatiline ja mitmekülgne.

Üheks uueks lähenemissuunaks ja arenguks treeningus on hingamislihaste treening (HLT) ja hingamissüsteemi võimekuse tõhustamine, mida siiani on edukalt kasutatud taastusravina kopsuhaigetel. Näiteks Ramirez-Sarmiento jt (2002) võtsid kroonilise obstruktiivse kopsuhaigusega (KOK) patsientidelt lihasbiopsiad välistest roietevahelistest lihastest ning leidsid, et viienädalase HLT tulemusena suurenes esimest tüüpi lihaskiudude arv 38% ja teist tüüpi lihaskiudude arv 21% - seega paranesid märkimisväärselt hingamislihaste jõud ja vastupidavus.

Kirjanduse analüüs näitas, et tegu on aktuaalse teemaga (Lin jt., 2007; Tong ja Fu, 2006; Gething jt., 2004; Holm jt., 2004; Lomax ja McConnell 2003; Romer jt., 2002; Volianitis jt., 2001A ja B). Kuna sissehingamine nõuab suuremat lihasaktiivsust, siis on paljud uurijad keskendunud oma töödes sissehingamislihaste treenimise (SHLT) mõju uurimisele. Mitmed uurimisrühmad on näidanud, et pikemaajalisem sissehingamislihaste treening parandab hästitreenitud sportlastel sissehingamislihaste jõudu ja sooritusvõimet. Vähem on aga uuritud ainult ühekordse sissehingamislihaste soojenduse kasutamist enne koormust ilma vastavate lihaste eelneva treeninguta (Lin jt., 2007, Tong ja Fu, 2006, Volianitis jt., 2001B) ning meid huvitas antud teema juures küsimus, kas ainult sissehingamislihaste soojendusest enne koormust piisab kutsumaks esile muutusi submaksimaalsel koormusel 90% maksimaalsest aeroobsest võimsusest ( $P_{a_{max}}$ ) ning kas selline soojenduse tüüp võiks mõjutada sportlaste sooritusvõimet, välise hingamise parameetreid ning laktaadinäitajaid.

## **2. KIRJANDUSE ÜLEVAADE**

### **2.1 Hingamiselundite ehitus ja talitus**

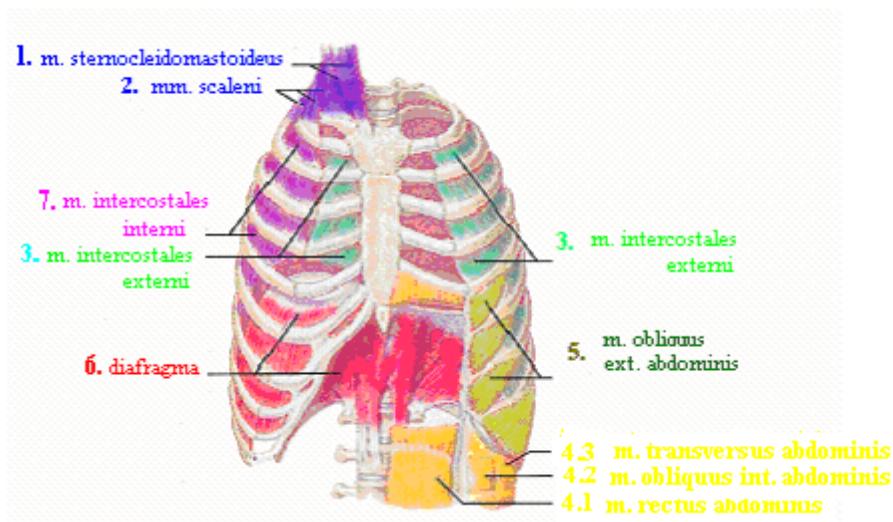
Hingamisteed jaotatakse ülemisteks ja alumisteks ning nende piiriks on häälepilu. Nina- ja neeluruum moodustavad ülemised hingamisteed. Hingetorust alates on tegu alumiste hingamisteedega. Kopsud asuvad rindkereõõnes ja täidavad selle peaaegu täielikult. Kopsu katva pleura e. kopsukelme ja rindkere seina seesmist pinda vooderdava rinnakelme vahele jääb kapillaarne ruum – kopsukelme- e. pleuraõõs, mis on täidetud üliõhukese vedelikukihiga.

Hingamise all laiemas tähenduses mõeldakse gaasivahetust organismi ja väliskeskkonna vahel. Gaasivahetus välisõhu ja kopsude vahel toimub tänu rindkere mahu muutustele. Organismis toimuvaks toitainete bioloogiliseks oksüdatsiooniks vajalik õhuhapnik viiakse väliskeskkonnast kudedesse ja eemaldatakse sealt ainevahetuse käigus tekkinud süsinikdioksiid. See toimub hingamiselundite, südame, vereringesüsteemi ning vere kooskõlastatud tegevuse tulemusel (Kingisepp, 2006).

### **2.2. Hingamislihased**

Suurem osa kere lihaseid (joonis 1) võtab otseselt või kaudselt osa hingamisliigutuste teostamisest, mis väljendub rinnaõõne mahu perioodilistes muutustes. Sissehingamisel rindkere maht suureneb, hingamisteedes langeb rõhk atmosfäärirõhust madalamale ja õhk voolab kopsudesse. Väljahingamisel rindkere maht väheneb, selle tagajärjel intrapulmonaarne rõhk tõuseb, ületab atmosfäärirõhu ja üks osa hingamisteedes olevast gaasisegust surutakse välja (Lepp jt., 1974; Kingisepp, 2006).

Maksimaalse suuõõnerõhu määramist kasutatakse sisse- või väljahingamislihaste jõu hindamiseks (Troosters jt., 2005). Antud mitteinvasiivne test viiakse läbi väga lühikese aja vältel, sissehingamisel kasutatakse Mülleri manöövrit ja mõõdetakse enamasti kopsude residuaalmahu juures. Portatiivsete aparaatidega on võimalik määrata nii sisse- kui ka väljahingamisel suuõõnerõhk (MIP; MEP).



**Joonis 1.** Hingamislihased: 1. m. sternocleidomastoideus (rinnaku-rangluu-nibujätkelehas) 2. mm. scaleni (astriklihased) 3. m. intercostales externi (välimised roietevahelihased) 4. kõhu lihased: 1) m. rectus abdominis (kõhusirglihas), 2) m. obliquus int. abdominis (sisemine kõhupõikilihas), 3) m. transversus abdominis (kõhu ristilihas) 5. m. obliquus ext. abdominis (välimine kõhupõikilihas) 6. diafragma 7. m. intercostales interni (sisemised roietevahelihased) (McConnell, 2007).

### 2.2.1. Sissehingamislihased

Sissehingamist teostavad lihased peavad ületama rindkere raskust ja elastset vastupanu. Sissehingamisel suureneb rinnaõõs vertikaal-, sagitaal- ja frontaalsuunas. Roideid tõstva funktsiooniga on väliste roietevahelihaste kokkutõmme, selle tagajärjel rinnaõõne maht suureneb eest taha suunas. Rinnaõõne vertikaalmõõd suureneb peamiselt diafragma laskumise arvel, sagitaal- ja frontaalmõõd – roiete samaaegsel liikumisel ette-üles-lateraalsele (Lepp jt., 1974).

Sissehingamisel eristatakse põhi- ja abilihaseid (Kendall jt., 2005; Lepp jt., 1974).

**Põhilihaste** hulka loetakse:

1. diafragma;
2. mm. intercostales externi ja interni (mm. intercostales externi omavad sissehingamisel palju suuremat toimejõu õlga kui mm. intercostales interni; väljahingamisel (millest mõlemad samuti osa võtavad) muutuvad suhted vastupidiseks);
3. mm. serratus posterior superior;
4. mm. serratus posterior inferior.

**Abilihased** võimaldavad sügaval ja raskendatud hingamisel rakendada tavalisest suuremat lihasjõudu:

1. mm. scaleni;

2. m. sternocleidomastoideus;
3. m. serratus anterior;
4. m. subclavius;
5. m. pectoralis minor;
6. m. pectoralis major (alumine osa);
7. m. trapezius (ülemine osa);
8. m. quadratus lumborum;
9. m. iliocostalis.
10. m. erector spinae.

Diafragma on lai kuplikujuline lihas, mis eraldab kõhuõõnt rinnaõõnest. Tema perifeerne osa on lihaseline, keskne osa kõõluseline. Diafragma kontraktsioonil tema kuppel lameneb, kupli külgsad laskuvad allapoole ja rinnaõõne maht suureneb vertikaalsuunas. Keskmine veidi nõgus osa, kuhu toetub süda, on vähem liikuv. Liikumist takistavad siit algavad sidemed, mis kulgevad koos suurte veresoontega ülespoole ja kinnituvad alumistele kaela- ja ülemistele rinnalülidele (Lepp jt., 1974). Diafragma kontraktsioonile kaasnevad muutused rinna- ja kõhuõõnes. Rinnaõõne ruumala suureneb, selle tulemuseks on õhuvool kopsudesse (sissehingamine) ja intensiivne venoosse vere juurdevool südamesse. Kõhuõõne elundid surutakse allapoole, mistõttu eesmine kõhusein kummub väljapoole. Diafragma lõtvumisel toimub vastupidine kõhuseina ja elundite liikumine – diafragma surutakse kõhulihaste suurenenud toonuse tõttu ülespoole ja rinnaõõne maht väheneb (toimub väljahingamine) (Kingisepp, 2006).

Diafragmat loetakse südamelihase järel inimese vastupidavaimate lihaste hulka. Kuid samas on diafragma töövõime küllaltki tundlik hapniku osarõhu ( $PO_2$ ) languse suhtes. Kui hapniku osarõhk langeb alla 20 mmHg, siis algab diafragmas intensiivne laktaadi teke. Teistes töötavates skeetilihaates on laktaadi tekke kriitilise  $PO_2$  tase ligikaudu 12 mmHg juures, seega diafragma omast palju madalam. Järelikult avaldab diafragma verevarustus ja vere hapniku osarõhk olulist toimet tema töövõimele. Diafragma funktsiooni ja sel teel ka kopsude ventilatsiooni aitavad optimeerida ka kere- ja kõhulihased, mille tegevus on suunatud eeskätt keha asendi säilitamisele. Diafragma ja teiste hingamislihaste töö soodustamist tuleb aga lugeda tähtsaks, sest kopsude ventilatsiooni tõusuga suureneb hingamislihaste koormus niigi oluliselt. Hingamislihaste töö kasvõi väikenegi mittevajalik tõus kiirendab nende väsimist ja võib hakata töövõimet piirama (Nurmekivi ja Kingisepp, 1999).

### 2.2.2. Väljahingamislihased

Rahulikul väljahingamisel on lihasjõu rakendamise vajadus väga minimaalne, rindkere maht taastub tema raskuse ja elastsuse tõttu, tegemist on passiivse väljahingamisega. Lihasjõudu rakendatakse peamiselt sügava või raskendatud väljahingamise puhul. Sügaval väljahingamisel ja hingamisteede takistuse suurenemise korral surutakse lõtvunud diafragma kõrgele üles, roiete aktiivne langetamine toimub sisemiste roietevahelihaste kokkutõmbe tulemusena, selgroo rinnaosa painutub. Väljahingamisest võtavad osa **põhilihased** (Kendall jt., 2005; Lepp jt., 1974):

1. kõhu lihased (otsesed diafragma antagonistid);
2. mm. intercostales interni ja externi;
3. m. transversus thoracis.

**Abilihased** väljahingamisel:

1. m. latissimus dorsi;
2. m. serratus posterior inferior;
3. m. iliocostalis;
4. m. quadratus lumborum.

### 2.3. Muutused organismis füüsilise töö ajal

Füüsilise töö ajal suureneb kopsude ventilatsioon nii hingamissageduse kui -mahu arvelt. Reeglina ei ületa suurenenud hingamismaht poolt vitaalkapatsiteeti. Kopsude üldventilatsioon võib hästi treenitud inimesel saavutada füüsilise töö ajal väärtusi, mis ulatuvad enam kui 120-130 liitrini minutis. Kopsudes paranevad tingimused hingamisgaaside difusiooniks, suureneb alveolaarventilatsioon. Kopse läbinud õhu ruumalaühikult võetakse ära enam hapnikku ja lisatakse sinna suuremal hulgal süsinikdioksiidi kui puhkeolekus. Südame minutimaht suureneb nii löögimahu kui -sageduse tõusu arvelt, vererõhk tõuseb. Paraneb ka kopsude verevoolutus, veredepoodest suunatakse enam erütrotsüüte ringesse, sellega seoses tõuseb hapnikku transportiva süsteemi võimsus (Kingisepp, 2006).



## 2.4. Muutused hingamislihastes füüsilise töö ajal

Üha enam kliinilisi uuringuid tõestavad, et meie keha võime treenida kõrgetel intensiivsustel on tuntavalt limiteeritud hingamissüsteemi võimekusest (Lomax ja McConnell, 2003; Boutellier jt., 1992). Maksimaalsel pingutusel treenides toimub meie hingamissüsteemis peamiselt neli muutust (Prefaut jt., 2000):

1. **Üldventilatsioon suureneb**, mis tähendab, et hingamislihased peavad kontrahheeruma suurema jõuga ning kiiremini. Maksimaalse intensiivsusega tööl moodustab hingamistegevuse energiavajadus ligikaudu 15-16% (Harms jt., 2000). Mida tugevamalt hingamislihased töötavad, seda vähem verd liigub läbi jäsemete. See tähendab, et veri, mis peaks varustama käsi-jalgu, kasutatakse ära hingamislihaste poolt, tagamaks nende tööd (St. Croix jt., 2000; Harms jt., 2000).
2. **Tekib füsioloogiline stress**. Enamikel hästitreenitud inimestel põhjustab kehaline töö füsioloogilist stressi, mis võib pärssida hapniku omastamise võimet (Dempsey ja Wagner, 1999).
3. **Hingamislihaste väsimus**. Hingamislihased väsivad sarnaselt meie keha kõikide teiste lihastega (Sheel jt., 2001). Hingamislihaste väsimuse (HLV) peamiseks tunnuseks on hingamismustri muutus, mida iseloomustab hingamismahu ja -sageduse vahekorra muutus viimase kasuks. Kujuneb kiire ja pindmine lõõtsutamistaoline hingamine (Nurmekivi ja Kingisepp, 1999). Hiljutised uuringud näitavad, et ainult 200 m maksimumilähedane ujumine põhjustab märkimisväärse hingamislihaste väsimuse ning HLV korral ei suudeta tagada sügavat ja efektiivset hingamist, mis suurendab tundmust, et hingamislihased koos keha ülejäänud lihastega peavad rohkem tööd tegema (Lomax ja McConnell, 2003).
4. **Düspnoe e hingeldus**. Õhupuuduse tunne ja hingeldus võivad määrata ära sportlase treening- ja võistlustaluvuse, vältides hingamissüsteemi ning -lihaste väsimist. See võibki olla üks oluliseim sportlaste töövoimet piirav tegur kõrgel intensiivsusel treenides ja võisteldes (Altose jt., 1985).

Hingamislihaste jõu alanemist on enim uuritud just selliste alade puhul nagu ujumine, sõudmine ja rattasõit (McConnell, 2007). Rattasõidul raskendab hingamislihaste tööd painutatud ja kokkusurutud kehaasend (Boussana jt., 2001). Katseliselt tõestasid seda ka Romer ja McConnell (2002) oma uuringus ratturitel. Selgus et 20 km ja 40 km maksimaalse

läbimise järgselt vähenes maksimaalne suuõõnerõhk sissehingamisel (MIP) vastavalt 18% ja 13%.

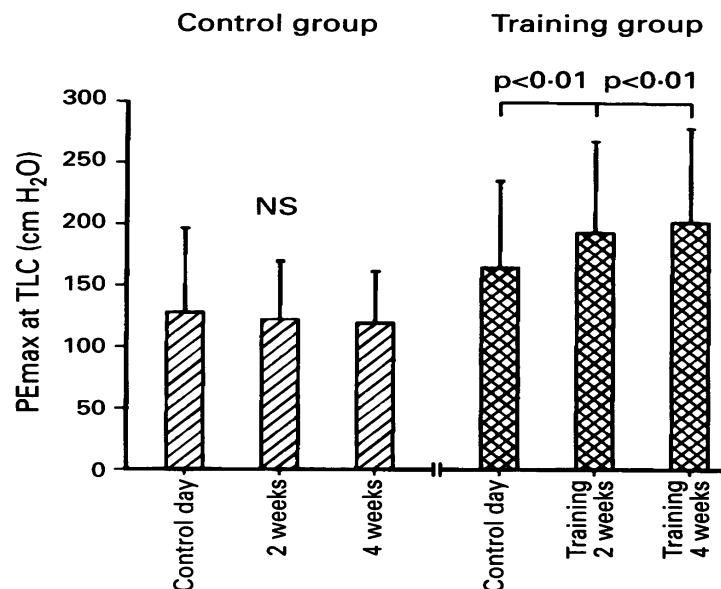
Lomax ja McConnell (2003) uurisid lühiajalise ujumise mõju hingamislihaste jõule ja väsimusele. Uuringus osales seitse ujumat ning katsealused pidid läbima kolm testi: esimesena mõõdeti maksimaalne suuõõnerõhk (MIP) sissehingamisel püstiasendis, teisena maksimaalne suuõõnerõhk seliliasendis basseinis ning kolmandana läbiti 200 m krooli võistlustempos, mille järgselt mõõdeti samuti MIP. Tulemuseks saadi sissehingamislihaste jõudluse märkimisväärne alanemine ujumisdistsantsi järgselt - keskmiselt 29%. Samuti oli seliliasendis vees hingamislihaste jõudlus madalam võrrelduna püstiasendiga kaldal ( $112 \pm 20,4$  cmH<sub>2</sub>O vs  $133 \pm 16,7$  cmH<sub>2</sub>O).

Volianitis jt (2001A) näitasid, et kuue minuti maksimaalse ergomeetritesti järgselt langes MIP 11%, mis on ligi kolmandiku võrra väiksem langus võrreldes 200 m ujumisega. Vahe võib tuleneda sellest, et vees mõjub ujujate rindkerele ka hüdrostaatiline rõhk, mille tulemusena peavad hingamislihased tegema rohkem tööd (Lomax ja McConnell, 2003). Seega kõrge intensiivsusega ujumine, mille kestus on ainult 2,7 minutit, kutsub esile märkimisväärselt kiiremini hingamislihaste väsimuse, kui näiteks sõudmine või rattasõit.

Williams jt (2005) uurisid hingamislihaste jõu vähenemist vastupidavustreeningu käigus kuumas keskkonnas, võrrelduna sama intensiivsusega tööga mõõduka temperatuuri tingimustes. Kaheksa kuumusega mittekohanenud naist sooritasid kahel erineval päeval 40-minutilised vastupidavustreeningud (60% VO<sub>2max</sub>) mõõduka (22°C) ja kõrge (37°C) temperatuuri tingimustes. Maksimaalne suuõõnerõhk sissehingamisel (MIP) määrati nii enne kui pärast treeningut. Tulemuseks saadi tuntav MIP vähenemine pärast treeningut kuumades tingimustes (112 cmH<sub>2</sub>O) võrrelduna treeninguga mõõduka temperatuuri tingimustes (127 cmH<sub>2</sub>O), kus hingamislihaste väsimust ei tekkinud. Hingamissagedus oli samuti suurem just kõrge temperatuuri tingimustes treenides (33 vs 25 korda minutis). Seega tekib hingamislihaste väsimus kuumas kliimas juba küllaltki madala intensiivsuse korral.

Suzuki jt (1995) väitsid, et väljahingamislihaste väsides võib suurendada tundmus, et vastavad lihased teevad rohkem tööd, kuna treeningu käigus koormatakse hingamissüsteemi rohkem ning uurisid, kas väljahingamislihaste treening (VHLT) võiks seda mõjutada. Katses osales kokku 12 inimest (10 meest ja 2 naist). Kuus katsealust oli treeninggrupis ja kuus kontrollgrupis. Treeninggrupp sooritas nelja nädala jooksul VHLT kaks korda päevas 15 minutit ning treeningu vastupanuks oli seatud 30% maksimaalsest suuõõnerõhust väljahingamisel (MEP). Raskusaste püsis konstantsena kogu uuringu jooksul. Hingamislihaste väsimust mõõdeti subjektiivselt modifitseeritud Borgi skaalal astmeliselt kasvava

koormustesti käigus jooksulindil. Pärast VHLT suurenes MEP ehk  $PE_{max}$  treeninggrupis nelja nädalaga 25,4% (joonis 2). Vitaalkapatsiteet, forsseeritud ekspiratoorne sekundimaht ja maksimaalne ventilatsioon jäid muutumatuks mõlemas grupis. VHLT grupis oli Borgi skaala tulemus koormustesti käigus madalam kui kontrollgrupil.



**Joonis 2.** Väljahingamislihaste jõudluse suurenemine pärast 4-nädalast treeningperioodi (Suzuki jt., 1995).

## 2.5 Hingamislihaste treeningu mõju sportlikule sooritusvõimele

Leith ja Bradley järeldasid juba 1976 aastal, et spetsiaalse treeninguga on võimalik parandada hingamislihaste jõudu ja vastupidavust. Boutellier (1998) on näidanud, et spetsiaalselt hingamislihastele suunatud harjutused suurendavad nende töövõimet enam kui üldine kehaline treening. Hästi treenitud hingamislihastega isikutel on kopsude ventilatsioon madalam, nende hingamislihased töötlevad laktaati paremini ümber ja väsivad hiljem kui mittetreenitud isikutel. Hea kehalise treenitusega, kuid ilma hingamislihaste spetsiaalse treeninguta vaatlusalused ütlesid, et jalgade väsimus oli harjutuse katkestamise põhjusteks. Kuna nende hingamismustris väsimuse märke ei ilmnenu, järeldasid Harms jt (1997), et hingamislihased katsid oma hapnikutarbimise vajaduse töötavate jalalihaste arvelt. Koormusjärgne madalam kopsude ventilatsioon võib olla hingamissüsteemi töö ökonoomsuse näitajaks - hingamislihased kasutavad vähem hapnikku (Nurmekivi ja Kingisepp, 1999).

Uurimustööd selles valdkonnas on demonstreerinud, et ka hingamislihased kohanevad vastava treeninguga – paraneb kopsufunktsioon, hingamislihaste vastupidavus ja jõud ning kehaline võimekus (Stuessi jt., 2001; Markov jt., 2001; Spengler jt., 1999; Boutellier, 1998; Boutellier jt., 1992; Boutellier ja Piwko, 1992). Spekuleeritud on ka, et hingamislihaste treening koos tavapärase üldise kehalise treeninguga, võib mõjutada kemoretseptorite tundlikkust. Usutavasti toimub see pideva jõulise hingamise tulemusena, mis on iseloomulik vastupidavustreeningutele (McMahon jt., 2002).

Veel lähiminevikus polnud HLT kasutamiseefektiivsus tõestatud ning tegemist oli vastuolulise teemaga. McConnell ja Romer (2004) käsitlesid antud teemat laiemalt ning kirjandust uurides püüti selgusele jõuda, milliste mehhanismide kaudu toimub sooritusvõime paranemine (tabel 1) ja miks varasemad uuringud selles vallas ebaõnnestusid.

**Tabel 1.** Hingamislihaste treeningu mõju erinevate uuringute tulemusena (McConnell, 2007).

	Uuring								
	Boutellier ja Piwko 1992	Boutellier jt., 1992	Caine jt., 1998	Spengler jt., 1999	Volianitis jt., 2001A	Romer jt., 2002 (37)	Romer jt., 2002 (38)	Gething jt., 2004 (10)	Gething jt., 2004 (11)
<b>Sooritusvõime</b>	X	X	X	X	X	X		X	X
<b>Hingamistöö</b>					X	X	X		
<b>Kogu keha pingutus</b>			X			X	X	X	X
<b>Sissehingamislihaste väsimus</b>					X	X			
<b>Hingamismuster</b>				X	X	X			
<b>Laktaadi eliminatsioon</b>	X	X	X	X	X	X	X		
<b>Südamelöögisagedus</b>			X			X		X	X

X – uuringus näidati HLT mõju antud näitajatele.

Esimesel kolmel uuringul (Fairbarn jt., 1991; Hanel ja Secher, 1991; Morgan jt., 1987), mis üritasid leida seost hingamislihaste treeningu ja sportliku saavutusvõime paranemise vahel, puudus vastava treeningu positiivne efekt ning uuringute läbiviijad järeldasid, et hingamislihaste treening ei mõjuta sooritusvõimet tervetel inimestel. Kaks uurimust neist kasutas uuritavatena rattureid (Fairbarn jt., 1991; Morgan jt., 1987) ning üks jooksjaid (Hanel ja Secher, 1991). Kõigis kolmes uuringus kasutati kehalise võimekuse testina kõrget intensiivsust ( $>90\% \text{ VO}_{2 \text{ max}}$ ) ning kõik näitasid vähemalt ühe hingamissüsteemi

funktsiooni paranemist, kuigi statistiliselt olulisi muutusi ei täheldatud sportliku saavutusvõime muutuste osas. Vaadates nende uuringute tulemusi lähemalt, järeldasid McConnell ja Romer (2004), et kõigis kolmes kõne all olevas uuringus paranes treeninggrupi saavutusvõime, kuid ebapiisava statistilise analüüsi tulemusena arvati, et efekt puudub. Näiteks Fairbairn'i jt (1991) uuringus pikendas HLT eksperimentaalgrupi aega väsimuseni sõidul ( $90\% \text{ VO}_{2\text{max}}$  -ist) 25% võrrelduna mitteolulise 4% muutusega kontrollgrupis. Hanel'i ja Secher'i (1991) uuringus jooksjatel täheldati, et HLT grupi distantis 12 minuti jooksutestis kasvas 8,5% ning kontrollgrupil 4,1%. Kõigis nendes kolmes uuringus kasutati liiga väikest arvu uuritavaid, näiteks Morgan jt (1987) testisid kokku 9 katsealust, neli neist olid HLT grupis ning viis kontrollgrupis.

### **2.5.1. Erinevate koormustestide efektiivsus hingamislihaste treeningu mõju hindamisel**

Kirjanduse edasisel analüüsimisel selgus, et hingamislihaste treeningu efektiivsuse ning selle mõju sportlikule saavutusvõimele võivad suuresti määrata kasutatavad koormustestid. Testidel, mis on sooritatud kindlatel paika pandud intensiivsustel ( $>85\% \text{ VO}_{2\text{max}}$ ) või kasvavate koormustega testil suutlikkuseni, on lõpptulemused seotud ainevahetusliku suutmatusega tagada organismi tasakaal, mille on põhjustanud nii hapnikku varustava süsteemi puudujääk, kui ka anaeroobsete kompensatoorsete mehhanismide suutmatus säilitada ettenähtud tööd. Seega võib nendest uuringutest (Boutellier ja Piwko, 1992; Hanel ja Secher, 1991; Fairbairn jt., 1991) järeldada, et kui hingamislihaste treeningul puudub mõju maksimaalsele hapnikutarbimisele, on ka soorituse paranemine kõrge intensiivsusega testide puhul väike (McConnell ja Romer, 2004).

Mõõduka intensiivsusega testide puhul tuli hingamislihaste treeningu positiivne mõju sooritusvõimele paremini esile. Näiteks neljanädalane hingamislihaste treening pikendas fikseeritud koormusega ( $64-77\% \text{ VO}_{2\text{max}}$ ) testi vanemaealistel 50% (Boutellier ja Piwko, 1992) ja füüsiliselt aktiivsetel noortel 38% (Boutellier, 1992). Mõlemas grupis alanesid minutiventilatsioon ja vere laktaadinäitajad. Kuid nende kahe uuringu usutavust vähendas McConnell'i ja Romeri'i (2004) arvates kontrollgrupi puudumine, kuna uuritavad efektid võib kanda õppimisvõime, katsealuste suurenenud-vähenenud hetkemotivatsiooni või indiviididevaheliste erinevuste arvele.

Vahe testidel, kus on ees kindel distantis (*time trial*) või siis nendel, mis sooritatakse kindlal intensiivsusel või tõusvas joones kuni sooritaja väsimuseni, võiks olla selles, et esimese testi puhul pingutatakse just nii kõvasti kui arvatakse ennast taluvat ning HLT mõju

võiks paremini esile tulla (näiteks HLT tulemusena on katsealustel alanenud subjektiivne pingutusastme tundmus treeningu käigus) ning katsealused läbivad testi kiiremini. Kuid astmeliselt kasvavate koormustega testi või kõrge intensiivsusega ( $>90\%$   $VO_{2max}$ ) fikseeritud koormuse puhul suudavad uuritavad pikendada koormust ainult sinnamaani, kus energiat tagav süsteem ei ole enam suuteline koormuse jätkamist tagama (Romer ja McConnell, 2004).

Sellest lähtuvalt järeldasid McConnell ja Romer (2004), et HLT tulemust parandavat efekti oleks parem jälgida kas etteantud distantside käigus (*time trial*), mis imiteerivad võimalikult täpselt võistlusdistanti ja –situatsiooni või mõõduka intensiivsusega ( $<90\%$   $VO_{2max}$ ) fikseeritud testide puhul.

### 2.5.2. Hingamislihaste treeningu mõju ratturitele

Holm jt (2004) leidsid oma uuringus, et füüsiliselt heas vormis ja kogenud ratturid suurendasid HLT-ga oma hingamissüsteemi vastupidavust 12% ja parandasid tulemust 40 minuti testil 4,7%. Sarnaseid tulemusi täheldasid ka Romer jt (2002) uurides SHLT mõju treenitud ratturitele. 20 km ja 40 km maksimaalse läbimise testi (*time trial*) tulemused paranesid vastavalt 3,8% ja 4,6%. Ka Gething jt (2004) uurisid 10 nädalat kestnud SHLT mõju sportlikule sooritusvõimele kehaliselt aktiivsetel ja tervetel noortel, saades tulemuseks märkimisväärse paranemise hingamislihaste jõu- (34%) ja vastupidavuse (38%) näitajates ning veloergomeetril sooritatud testi ( $75\%$   $VO_{2max}$ -st) käigus pikenes aeg väsimuseni 36%.

Markov jt (2001) uurisid, kas HLT võiks parandada kehalist sooritusvõimet läbi südame töö tõhustamise, mõjutades südame löögimahtu ja südamelöögisagedust. Antud uuringus oli moodustatud kolm uurimisgruppi, kus kõik osalejad läbisid 15-nädalase uuringu. Esimene oli HLT grupp ( $n=13$ ), teine üldise vastupidavustreeningu grupp ( $n=9$ ) ja kolmas kontrollgrupp ( $n=15$ ). Sissehingamislihaste jõud (MIP) paranes HLT grupis, kuid mitte teistes gruppides. Veloergomeetril sooritatud astmeliselt kasvaval testil paranes  $VO_{2max}$  19% ja maksimaalne võimsus 22% ainult üldise kehalise vastupidavustreeningu grupis. Fikseeritud intensiivsusega (70% astmelise koormustesti maksimaalsest võimsusest) pikenes aeg väsimuseni sõidul vastupidavustreeningu grupil 41% ja HLT grupil 24%, kuid jäi muutumatuks kontrollgrupis. Ainuke statistiliselt oluline kardiovaskulaarse süsteemi näitajate paranemine toimus üldise vastupidavustreeningu grupis, kus tuli esile 12%-line SLS langus ja 17%-line tõus südame löögimahus. Autorid järeldasid, et paranenud vastupidavus pärast 15-nädalast hingamislihaste treeningut ei tulenenud kardiovaskulaarsest adaptatsioonist vastavale treeningule.

### 2.5.3. Hingamislihaste treeningu mõju vahelduvate sprintidega aladel ja jooksjatele

Väga huvitava katse viisid läbi Romer jt (2002) spekuloides, et HLT-st tulenev düspnoe (hingelduse) vähenemine võiks mõjutada puhkepause sprindilõikude vahel (15 maksimaalset 20 m sprinti). Puhkepauside kestuse lõikude vahel valisid katsealused ise. Kuuenädalase SHLT tulemusena suurenes MIP 31% ja sprintidevahelised puhkepausid lühenesid 6,2%, kuid sooritusdistsantsid ei paranenud. Seega võiks järeldada, et katsealused tundsid HLT tulemusena taastumise kiirenemist lõikude vahel. Samas leiti ka seos HLT ja vere laktaadi kontsentratsiooni vahel. Laktaadikontsentratsiooni koormusjärgseid muutuseid leidsid ka Boutellier (1992) ja Spengler jt (1999).

Spengler jt (1999) uurisid HLT mõju vere laktaadi kontsentratsioonile ja konstantse intensiivsusega testi läbimise kestusele veloergomeetril. Neli nädalat spetsiaalset hingamislihaste treeningut viis korda nädalas 30 minutit päevas pikendas eksperimentaalgrupis osalenute aega väsimuseni sõidul veloergomeetril 27%. Vere laktaadi sisaldus oli 15% madalam pärast astmeliselt kasvavat testi ja 8% madalam pärast fikseeritud intensiivsusega sõitu. Autorid spekuloides, et alanenud laktaadinäitajad tulenesid tõenäoliselt hingamislihaste paranenud laktaadi omastamisvõimest.

Nicks jt (2006) uurisid samuti hingamislihaste treeningu mõju sooritusvõimele, düspnoele ja hingamislihaste väsimusele vahelduvate sprintidega aladel. Uuritavatena kasutati ülikoolitasemel jalgpallureid (n=27), kes jaotati juhuslikkuse alusel kahte gruppi: hingamislihaste treeningu grupp (HLT) ja kontrollgrupp. HLT grupp sooritas viis nädalat hingamislihaste treeningut, kontrollgrupp ei teostanud lisatreeningut. Mõlemad grupid jätkasid tavapäraseid treeninguid oma erialatreenerite käe all. Sooritusvõime hindamiseks kasutati Yo-Yo Intermittent Recovery Test'i, kus uuritavatele on ette antud 20 m jooksudistsants, mille läbimist alustatakse pärast esimese helisignaali kuulmist ning joostakse tagasi kuuldes teist helisignaali, kolmanda helisignaali korral sörgivad vaatlusalused 10 m ja jõuavad tagasi stardijoonele ootama uut helisignaali. Ajaline vahe esimese ja teise helisignaali vahel pidevalt väheneb ning vaatlusalune lõpetab testi, kui ta ei suuda kaks korda järjest enne teist või kolmandat helisignaali tagasi (Krustrup jt., 2006). HLT grupp parandas testi tulemust 16,7%, kontrollgrupp 5,2%. HLT grupp näitas ka märkimisväärset hingamislihaste jõu tõusu 20,5% võrra.

#### 2.5.4. Hingamislihaste treeningu mõju sõudjatele

Sõudmisvõistlustel on olenevalt paadiklassist liigutuste tempo 33-42 tõmmet minutis ning kopsude ventilatsioon ulatub 140-150 liitrit minutis või rohkem. Ühe tõmbetsükli jooksul soovitatakse teha kaks sisse- ja kaks väljahingamist. Esimene väljahingamine tehakse tõmbe ajal. Tõmbe lõpus, kui sõudja on tagumises asendis, tehakse esimene sissehingamine – umbes 50% kopsumahust. Teine väljahingamine tehakse poolel ettesõidul ja teine, lühike sissehingamine, umbes 30% kopsumahust, vahetult enne aeru vette panemist. Sellisel hingamisjaotusel saab efektiivsel liikumisel tõmbetsükli kasutada paremini hingamisfaase ja tõsta hingamislihaste võimsust (Jürimäe ja Purge, 2006).

Griffits ja McConnell (2006) uurisid sisse-(SHLT) ja väljahingamislihaste treeningu (VHLT) mõju sõudmistulemustele. Uuritavatena kasutati klubitasandil meessõudjaid ( $n=17$ ), kes läbisid neli nädalat kestnud sisse- või väljahingamislihaste treeningu. Lisaks neljanädalasele SHLT või VHLT sooritati ka kuuenädalane uuring, milles kasutati kombineeritult nii SHLT kui ka VHLT. Sõudjate sooritusvõimet testiti ergomeetril astmelise koormustestiga ja kuueminutilise maksimaalse läbimise testiga. Hingamislihaste treeningus kasutati vastupanuga hingamist umbes 50% MIP või MEP ning sooritati 30 maksimaalset kordust. Uuringu lõpuks suurenesid SHLT grupis MIP 26% ( $p<0,001$ ) ning keskmine võimsusnäitaja 6-min maksimaalse ergomeetritesti käigus 2,7% ( $p=0,015$ ). Hoolimata MEP 31%-lisest kasvust VHLT grupis, ei paranenud nendel tulemused kummagi testi käigus. Märkimisväärsed muutusi ei nähtud ka hingamismustris pärast kuueminutilist maksimaalset testi, kuigi SHLT grupi puhul tuli välja kerge 2-5%-line südamelöögisageduse langus ( $p<0,001$ ). Pärast 6-min ergomeetritesti nähti ainult SHLT grupis laktaadi alanemist 14% ( $p\leq 0,05$ ). Griffits ja McConnell (2006) järeldasid, et SHLT mõjutab positiivselt sõudmistulemust, VHLT puhul aga ei leitud positiivset mõju, samuti mitte ka siis kui kombineeriti SHLT ja VHLT. Väljahingamislihaste treeningu kohta järeldas sama ka Miller (2005), kes samuti uuris VHLT mõju sõudjatele ning leidis, et vastav treening ei paranda sõudmistulemust 2000 m ergomeetritestil, küll aga paranes väljahingamislihaste jõudlus võrreldes tulemustega enne viienädalast VHLT treeningperioodi algust.

Volianitis jt (2001A) järeldasid oma uuringust naissõudjatel ( $n=14$ ), et 11-nädalane sissehingamislihaste treening 2x30 hingamist päevas vastupanuga 50% MIP parandas sissehingamislihaste jõudu  $45,3\pm 29,7\%$ , kuue minuti maksimaalse testi tulemus sõudeergomeetril paranes  $3,5\pm 1,2\%$  ning 5000 m testi aeg paranes  $3,1\pm 0,8\%$  ( $p<0,05$ ).



Riganas jt (2008) uurisid treenitud sõudjatel kuuenädalase spetsiaalse SHLT mõju sissehingamislihaste jõule, maksimaalsele hapnikutarbimisele, düspnoele ja maksimaalsele laktaadi akumulatsioonile. Üheksateist hästitreenitud sõudjat jaotati kontroll- ja treeninggruppi. Treeninggrupp pidi lisaks oma igapäevasele sõudetreeningule teostama viiel päeval nädalas sissehingamislihaste treeningut 30 minutit päevas. Kontrollgrupp jätkas oma tavapärase treeningutega ning mingit lisatreeningut ei teostatud. Maksimaalse hapnikutarbimise leidmiseks kasutati mõlema grupi puhul kasvavate koormustega testi jooksulindil. MIP mõõdeti nii rahuolekus kui ka maksimaalse hapnikutarbimise testi järgselt. Sõudmistulemuse hindamiseks kasutati 2000 m maksimaalse kiirusega läbimise testi ergomeetril. Düspnoe määramiseks kasutati modifitseeritud Borgi skaalat ning laktaadi akumulatsioonise selgitamiseks kasutati ensümaatilist meetodit. Ilmnes, et kuuenädalane SHLT parandas märgatavalt MIP (28%) puhkeolekus ja ka pärast maksimaalse hapnikutarbimise määramise testi treeninggrupis. Kontrollgrupis ei täheldatud mingeid muutusi. Muutusi ei täheldatud ka  $VO_{2max}$ , düspnoe, laktaadi akumulatsioonise ja 2000 m testi tulemuste puhul kummaski grupis. Seega järeldasid Riganas jt (2008), et kuuenädalane sissehingamislihaste treening parandas hästitreenitud sõudjatel vastavate lihaste jõudu, kuid ei tundunud mõjutavat maksimaalset hapnikutarbimist ja sõudmistulemust.

## **2.6. Sissehingamislihaste soojendus enne koormust**

Kui hingamilihaste treeningu mõju on kirjanduses uuritud suhteliselt palju, siis hingamislihaste soojenduse mõju on käsitletud oluliselt vähem ning tulemused pole ühesed. Voliantise jt (2001B) uurisid kolme erineva võistluseelse soojendusmeetodi efektiivsust ja mõju sõudmistulemusele ning hingelduse tunnetamisele pärast koormust. Uuringus kasutati hästitreenitud klubitasandil sõudjaid ( $n=14$ ), kes sooritasid kuue minuti maksimaalse testi sõudeergomeetril. Testi järgselt jälgiti 6 min testi keskmist võimsust ning hingelduse aste määrati modifitseeritud Borgi skaalal. Enne kuue minuti testi kasutati kolme erinevat soojendusprotokolli:

1. Submaksimaalne soojendus sõudeergomeetril, mis kestis kokku kaheksa minutit ning viidi läbi koormusel 65-75% indiviidi suurimast võimsusest kuue minuti testis. Tõmbesagedus hoiti vahemikus 22-24 tõmmet minutis.
2. Sõudespetsiifiline soojendus, mille sarnast sõudjad kasutavad vahetult enne võistlusstarti: viis minutit kerget sörkjooksu SLS-ga 110-130 lööki minutis, millele

järgneb kümme minutit venitamist ning seejärel 12-minutiline progresseeruva intensiivsusega soojendus kas ergomeetril või vee peal. 12-minutilise soojenduse käigus suurendati järk-järgult intensiivsust, tempo tõusis vastavalt 18-20-22-24 tõmmet minutis ning millele järgnesid kaks kiiremat löiku tempoga 28-32. Puhkus löikude vahel oli kaks minutit rahulikku sõudmist.

3. Kolmandaks kasutatud soojendusmeetodiks oli eelnev sõudespetsiifiline soojendus, millele lisati hingamislihaste soojendus 2x30 hingamist vastupanule 40% MIP. Antud test sooritati istuvas asendis ning vaatlusalustel kästi sooritada hingamine võimalikult normaalses rütmis.

Mõju hingamislihaste väsimusele: kuueminutilise maksimaalse testi järgselt oli kõigi kolme meetodi puhul MIP madalam. Submaksimaalset soojendusmeetodit kasutanute seas vähenes MIP  $10,2 \pm 1,4\%$ , sõudespetsiifilise meetodi puhul  $11,1 \pm 1,3\%$  ja sõudespetsiifilist soojendust koos hingamislihaste soojendusega kasutanute seas vähenes MIP ainult  $4,2 \pm 0,3\%$  ( $p < 0,01$ ). Samuti leiti, et SHLS tulemusena suurenes MIP  $7,0 \pm 1,0\%$ . Statistiliselt olulised muutused sõudmistulemustes olid järgmised: A) pärast kuue minuti testi oli sõudespetsiifilist soojendust kasutanute seas võimsuse näitajad  $3,2\%$  ( $p < 0,01$ ) paremad kui submaksimaalset soojendust läbinud katsealustel, B) lisades sõudespetsiifilisele soojendusele veel hingamislihaste soojenduse, paranesid tulemused veel  $1,2\%$  võrra ( $p < 0,05$ ). Meetrites olid vastavad näitajad 11 m ja 18 m, kui kasutati vastavalt sõudespetsiifilist võistlussoojendust või sama meetodit koos hingamislihaste soojendusega. Hingelduse tundmus pärast testi vähenes ainult hingamislihaste soojendust kasutanutel ( $p < 0,05$ ). Seega, antud töö tulemustele tuginedes võiksid sõudjad väga edukalt kasutada hingamislihaste soojendust võistlusstartideks valmistudes. Samas, hinnates ainult maksimaalset sooritust, on keeruline tagada testide usaldatavust, kuna testi mõjutusvahend on vaatlusaluste poolt selgesti tajutav ning seetõttu ka alateadlikult manipuleeritav.

Lin jt (2007) ning Tong ja Fu (2006) tegid samasuguse ülesehitusega uuringu, kus esimene töögrupp uuris sissehingamislihaste koormuseelse soojenduse mõju sulgpallurite erialase jalgade töö tulemusele (mõõdeti distantsti) ning teine uuring 20 m süstikjooksu (Yo-Yo testi, vt kirjeldust eespoolt, lk 15) tulemustele. Uuringutes mõõdeti ka MIP pärast sissehingamislihaste soojenduse tegemist. Mõlemas uuringus osales kümme meest, kes sooritasid juhuslikus järjekorras kolm identset testi. Kontrolltestis ei kasutatud sissehingamislihaste soojendust, kuid kahes järgnevas testis kasutati sissehingamislihaste soojendust vastupanuga 40% MIP (sissehingamislihaste soojendustest) ja 15% MIP

platseebotestis. Sooritati 2x30 sissehingamist. Tulemustena leidsid Lin jt (2007) statistiliselt olulised muutused võrreldes kontrollgrupiga: SHLS tagajärjel paranes MIP  $7,8 \pm 4,0\%$  ja spetsiaalse jalgade töö tulemus  $6,8 \pm 3,7\%$  ( $1640 \pm 111\text{m}$ ) ning SHLS testi puhul nähti madalamat laktaadi kontsentratsiooni testi järgselt ning ka subjektiivne hingelduse aste oli madalam, mis autorite arvates oli eelduseks katsealustel paranenud erialase jalgade töö testi tulemusteks. Tong ja Fu (2006) täheldasid, et süstikjooksu tulemused paranesid just eksperimentaalgrupis  $19,5\% \pm 12,6$  ( $p < 0,05$ ) ning samuti vähenes subjektiivne hingelduse aste igal neljandal intervallkoormusel, mis aitas katsealustel jõuda paremate tulemusteni, kuna nad suutsid testi kauem sooritada.

Brown jt (2010) uurisid, kas sissehingamislihaste koormamine mõjutab laktaadikontsentratsiooni pärast maksimaalset astmeliste koormustega testi. Katses osales 18 meest, kes jaotati kahte gruppi: kontrollgrupp ( $n=9$ ) ja SHLT grupp ( $n=9$ ). Pärast kuuenädalast sissehingamislihaste treeningut, sooritasid vaatlusalused kaks astmeliselt kasvavat testi, millede vahele jäi 20 minutit passiivset puhkust või rakendati sissehingamislihaste koormamist (takistus 15 cm H<sub>2</sub>O). Kuuenädalase SHLT tulemusena paranes antud grupil SHL jõud 34%. Kuuenädalase SHLT tulemusena nähti passiivsel taastumisel pärast koormust laktaadi alanemist  $0,66 \pm 1,28$  mmol/l ( $p < 0,01$ ) võrra ka siis, kui ei kasutatud taastumisel hingamislihaste koormamist. Kui koormusest taastumisel (20 min) kasutati hingamislihaste koormamist, siis koormusjärgne 2. minutil mõõdetud laktaadinäit vähenes keskmiselt  $1,52 \pm 1,26$  mmol/l ning 20. minutil mõõdetud näit  $1,42 \pm 1,60$  mmol/l ( $p < 0,05$ ) võrra, võrrelduna andmetega uuringu alustamisel.

### 3. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED

Töö eesmärk oli uurida sissehingamislihaste soojenduse mõju sooritusvõimele ning sooritusvõimet iseloomustavatele funktsionaalsetele parameetritele.

Vastavalt töö eesmärgile püstitati järgmised ülesanded:

1. mõõta vaatlusaluste spirograafilised näitajad ja MIP;
2. määrata vaatlusaluste maksimaalne hapniku tarbimine ja maksimaalne aeroobne võimsus;
3. võrrelda sooritusvõimet iseloomustavaid parameetreid 90%  $P_{a_{max}}$  võimsusega töö ajal ja koormusjärgselt, kus ühele testile eelnevalt sooritati lisaks traditsioonilisele soojendusele sissehingamislihaste soojendus.

Sissehingamislihaste soojenduse mõju kohta püstitasime järgnevad hüpoteesid:

- sissehingamislihaste soojendus parandab sooritusvõimet 90%  $P_{a_{max}}$  koormusega tööl;
- koormuseelne sissehingamislihaste soojendus vähendab hingamissagedust ning minutiventilatsioon tõuseb;
- sissehingamislihaste soojenduse mõjul on laktaadinäitajad koormusjärgselt madalamad.

## **4. TÖÖ METOODIKA**

### **4.1. Vaatlusalused**

Antud uuringus osalesid nii Eesti kui ka rahvusvahelisel tasemel võistlevad hästitreenitud sõudjad ( $n=13$ ) erinevatest Eesti sõudeklubidest, kelle hulgas oli 2 naissõudjat (vanus  $23,5 \pm 3,5$  aastat; pikkus  $173,7 \pm 1,1$  cm; kehakaal  $64,9 \pm 1,7$  kg; treeningstaaž  $10,0 \pm 4,24$  aastat) ning 11 meessõudjat (vanus  $23,1 \pm 3,8$  aastat; pikkus  $188,1 \pm 6,3$  cm; kehakaal  $85,6 \pm 6,6$  kg; treeningstaaž  $8,55 \pm 3,24$  aastat). Ükski vaatlusalustest ei tarvitanud uuringu ajal ravimeid ega suitsetanud. Vaatlusaluseid informeeriti sellest, et nad uuringus osalemise perioodil ei muudaks oma toitumisharjumusi ja kehalist aktiivsust. Uuringu kiitis heaks Tartu Ülikooli Inimuuringute eetika komitee.

### **4.2. Uuringute üldine korraldus**

Uuringud viidi läbi Chemicumis, kus toimusid põhikatsed, ja Biomedicumis, kus vaatlusalustel teostati spirograafia. Vaatlusalused käisid laboris kolm korda. Iga testimise vahel oli vähemalt 48 tundi ning 24 testieelse tunni jooksul ei tohtinud vaatlusalused sooritada kehalist koormust ning vahetult enne testi tarbida kohvi jm ergutavaid vahendeid. Samuti lasti vaatlusalustel esimese testipäeva toitumine üles kirjutada ning jälgida sama toidusedelit järgmisel korral testidele tulles. Esimesel testimisel määrati vaatlusaluste MIP ja spirograafilised näitajad ning maksimaalne hapniku tarbimine, samuti said katsealused proovida sissehingamislihaste soojendusel kasutatavat seadet POWERbreathe® (IMT technologies Ltd, Birmingham, UK). Teisel ja kolmandal korral sooritasid vaatlusalused 90 % maksimaalse aeroobse võimsusega ( $P_{a_{max}}$ ) intensiivsusega testi sõudeergomeetril (Concept 2, USA), ühel korral eelnes ainult standardne soojendus ja teisel korral standardne koos spetsiaalse sissehingamislihaste soojendusega.

Kõikide töövõime testide ajal kandsid uuritavad näomaski väljahingatava õhu analüüsimiseks. Välise hingamise parameetrid määrati aparaadiga METAMAX (Cortex GMBH, Leipzig, Saksamaa) ning vaatlusalune hingas läbi näomaski kogu testi ajal. Südame löögisagedust määrati Polar'i sporttestriga (Polar, Kempele, Soome). Testi käigus kogutud

andmed salvestati jooksvalt edasiseks analüüsiks. Hingamisparameetrite analüüsiks kasutasime kommertsiaalset programmi Metasoft 3 (Cortex GMBH, Leipzig, Saksamaa).

#### 4.2.1. Spirograafia

Kõigil osalejatel registreeriti forsseeritud hingamise voolu-mahu lingud kasutades automaatset spiroanalüsaatorit Spiro 2000 (Medikro OY, Soome). Kuna antud uuringu raames huvitas meid just sissehingamislihaste roll, siis valisime spirograafia teostamiseks järgneva skeemi: kõigepealt tegid kõik osalejad rahvusvahelistele standarditele (Miller jt., 2005) vastavalt vähemalt 3 lingu forsseeritud väljahingamise ja sellele järgneva forsseeritud sissehingamisega. Lisaks said uuritavad veel võimaluse teha kaks korda ainult forsseeritud sissehingamist, et näha, kas ainult maksimaalse sügavuse ja kiirusega sissehingamisele kontsentreerudes tulevad tippvoolu väärtused suuremad.

Analüüsisime järgnevaid näitajaid:

**FVC** (*forced vital capacity*) – forsseeritud vitaalkapatsiteet on suurim õhu hulk, mida suudetakse pärast maksimaalset sissehingamist forsseeritult välja hingata,

**FEV<sub>1</sub>** (*forced expiratory volume in 1 sec*) – forsseeritud ekspiratoorne sekundimaht on õhu hulk, mida suudetakse pärast maksimaalset sissehingamist forsseeritult 1 sekundi jooksul välja hingata,

**PEF** (*peak expiratory flow*) – ekspiratoorne tippvool on õhuvoolu maksimum forsseeritud väljahingamisel,

**PIF** (*peak inspiratory flow*) – inspiratoorne tippvool on õhuvoolu maksimum forsseeritud sissehingamisel.

Kõiki välise hingamise näitajaid võrdlesime treenimata inimeste vastavate normväärtustega (Kuster jt 2008).

#### 4.2.2. Maksimaalse suuõõne rõhu määramine

Maksimaalse suuõõnerõhu (MIP) määramiseks sissehingamisel kasutasime käeshoitavat testimisseadet MicroRPM (Micro Medical, Kent, UK). MIP määramiseks püüdsime suurima rõhu saavutada manöövri alguses ning parimaks väärtuseks lugesime rõhu keskmise, mida suudeti säilitada 1s vältel. Parima tulemuse saavutamiseks teostasime vähemalt 3 ja maksimaalselt 5 katset, mis jääksid 5-10% piiresse. Testimise käigus vaatlusalune istus ning katsete vahel oli vähemalt 1 minut puhkust. MIP normväärtusi

noortele inimestele on suhteliselt vähe, meie kasutasime võrdluseks Evans ja Whitelaw (2009) normiarvutusvalemeid (norm sõltub ainult soost ja vanusest).

#### **4.2.3. Kasvavate koormustega sõudeergomeetritest suutlikkuseni**

Antud testile eelnes 10-minutiline individuaalne soojendus sõudeergomeetril. Algkoormuseks oli meestel 150 W, koormuse juurdekasvuks oli 50 W (Jürimäe jt, 2000). Naistel oli koormustesti algkoormuseks 125W ja juurdekasv 35W. Iga koormuse kestvuseks oli 3 minutit. Testi lõpetamise kriteerimiteks oli a) platoo teke hapniku tarbimises; b) hingamiskoefitsient vähemalt 1,1; c) subjektiivne väsimus – vaatlusalune ei suuda säilitada etteantud intensiivsust.

Testi käigus määrati vaatlusaluste maksimaalne hapniku tarbimine ( $VO_{2max}$ , l/min) ning sellele vastav võimsus vattides e. maksimaalne aeroobne võimsus ( $Pa_{max}$ ) (Harro, 2001). Maksimaalsele hapniku tarbimisele vastav võimsus arvutati järgmise valemiga:

$$P_{max} = P1 + P2 \times T/180$$

$P1$  = koormus (W), mis eelnes koormusele, mille jooksul registreeriti vaatlusaluse maksimaalne hapniku tarbimine. Juhul kui maksimaalne hapniku tarbimine saavutati täpselt viimase koormuse lõpuks, siis võrdus  $Pa_{max}$  viimase koormuse vattidega.

$P2$  = koormuse juurdekasv (W) viimase (poolikuks jäänud) koormusastme puhul (meestel 50W ja naistel 35W) mille jooksul määrati maksimaalne hapniku tarbimine.

$T$  = aeg (sekundites) viimasel poolikuks jäänud koormusastmel, so. aeg koormuse algusest kuni maksimaalse hapniku tarbimise saabumise hetkeni.

#### **4.2.4. Ühtlane töö sõudeergomeetril intensiivsusega 90% $Pa_{max}$**

Test sooritati kaks korda: ühele testile eelnes standardne soojendus, mis kestis kaheksa minutit: kuus minutit intensiivsusel 50%  $Pa_{max}$  ja kaks minutit intensiivsusel 75%  $Pa_{max}$  (Test 1). Teise testi puhul lisandus sissehingamislihaste soojendus peale standardset soojendust ning selle intensiivsuseks ja kestuseks oli kaks korda 30 sissehingamist intensiivsusel 40% MIP-st. Seeriate vahel oli puhkepaus 1-2min. Hingamislihaste jõu intensiivsuse jälgimiseks ja hoidmiseks kasutati POWERbreathe<sup>®</sup> seadet, mis oli ühendatud digitaalse rõhumõõturiga (mõõtekomplekt UT9201 manomeeter koos Chartrec programmiga).

Hingamislihaste soojendusega test ja ainult standardse soojendusega test sooritati juhuslikus järjekorras. Vaatlusalune sooritas teste suutlikkuseni, aga mitte kauem kui 20 minutit. Kirjandusele tuginedes leidsime, et pikemaajalise töö korral muutub hingamislihaste soojenduse võimalik mõju testi tulemusele järjest vähem oluliseks, mistõttu pole olulist mõtet lasta vaatlusalusel sooritada kehalist testi pikema aja jooksul. Testi ajal vaatlusalune ei näinud testimisele kuluvat aega ning neid julgustati pidevalt andmaks endast maksimum. Testi käigus registreeriti testiks kulunud aeg, vaatlusaluste südmalöögisagedus ning välise hingamise parameetrid. Tulemuste analüüsist jäeti välja hapniku omastamise kiire komponendi ajaline periood ning keskmised arvutati hapniku omastamise aeglase komponendi perioodi jooksul.

Enne testi, ning 3. ja 5. taastumisminutil, määrati vaatlusalustel ka vere laktaadikontsentratsioon. Vereproov (10µl) võeti näpu otsast ning analüüsiti ensümaatilisel meetodil (Lange GmbH, Leipzig, Saksamaa).

#### **4.2.5 Statistiline analüüs**

Uurimistöö tulemuste statistiline analüüs toimus programmi SPSS for Windows abil (versioon 10.0). Arvutati aritmeetiline keskmine ja standardhälve (SD). Koormustestide vahelisi erinevusi määrati Studenti t-testiga. Statistilise olulisuse nivooks rakendati  $p < 0,05$ .



## 5. TÖÖ TULEMUSED

Tabelis 2 on välja toodud vaatlusaluste välise hingamise näitajad koos normiga võrdlusega. Nagu tabelist näha, olid sõudjate spirograafilised näitajad enamasti vanuse ja pikkuse alusel arvutatud keskmistest normväärtustest paremad, kõige lähemal treenimata inimeste normväärtustele oli sõudjate PEF.

**Tabel 2.** Vaatlusaluste hingamisparameetrid võrreldes normväärtustega.

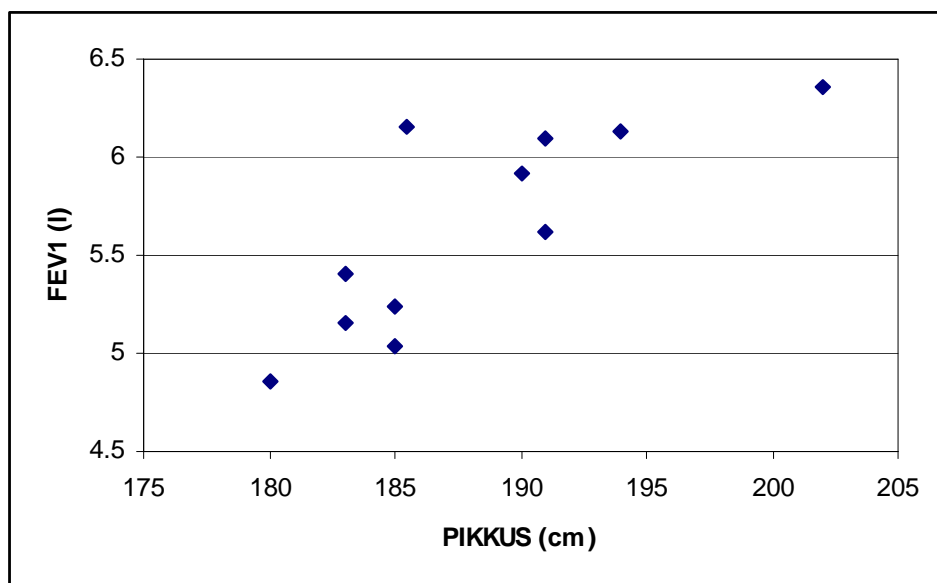
Parameeter (ühik)	Naised (n=2) *		Mehed (n=11) **	
	Tegelik väärtus	% normist	Tegelik väärtus	% normist
<b>FVC (l)</b>	4,28 ja 4,40	101,7 ja 107,0	6,61±0,43	112,7±9,5
<b>FEV<sub>1</sub> (l)</b>	3,64 ja 4,00	101,5 ja 112,6	5,64±0,52	113,8±6,4
<b>PEF (l/s)</b>	8,50 ja 7,96	99,7 ja 95,6	11,70±1,28	99,0±11,0
<b>PIF (l/s)</b>	6,91 ja 7,36	102,7 ja 113,9	10,98±1,56	110,5±17,0
<b>MIP (cm H<sub>2</sub>O)</b>	106,6 ja 111,6	115,7 ja 117,2	140,7±46,6	127,4±42,2

**FVC** – forsseeritud vitaalkapatsiteet; **FEV<sub>1</sub>** - forsseeritud ekspiratoorne sekundimaht; **PEF** – ekspiratoorne tippvool; **PIF** – inspiratoorne tippvool; **MIP** – maksimaalne suuõõnerõhk sissehingamisel

\*esitatud mõlema uuritava andmed

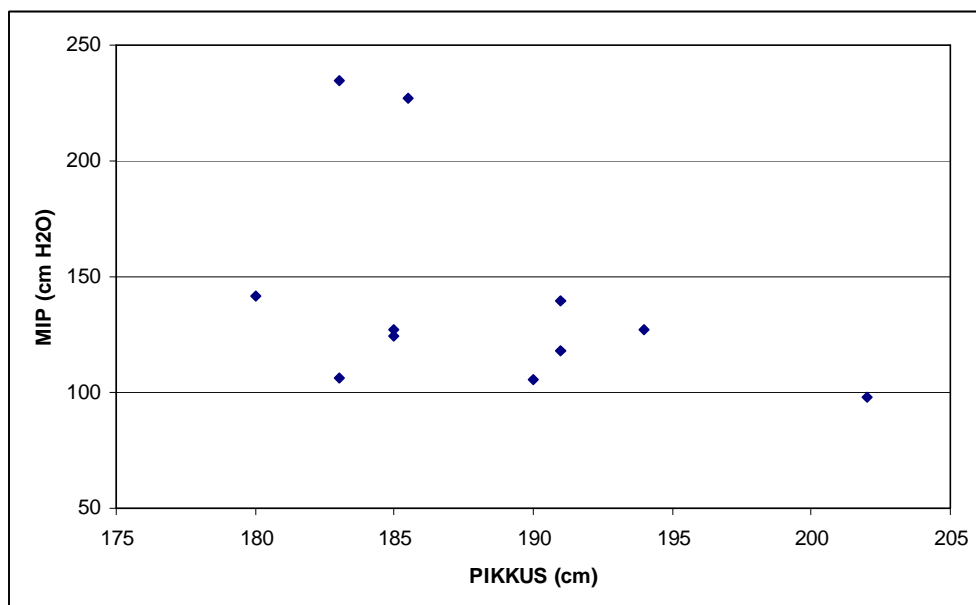
\*\*esitatud keskmine±SD

Voolu-mahu lingu registreerimisel pööratakse enamasti suuremat tähelepanu just väljahingamise osale, sest seda kasutatakse paljude hingamishaiguste diagnoosimisel. Forsseeritud väljahingamisel registreeritud FVC, FEV<sub>1</sub> ja PEF on tugevas korrelatsioonis uuritava kehamõõtmega. Sama tulemuse saime ka meie, andmete põhjal on FVC ja FEV<sub>1</sub> ning pikkuse vahelised korrelatsioonikoefitsiendid (r) vastavalt 0,73 ja 0,89 (mõlemal p<0,01), PEF ja pikkuse vaheline seos oli samuti usaldusväärne r=0,60, p<0,05. Uuritud meessõudjate FEV<sub>1</sub> väärtused kehapikkuse funktsioonina on esitatud joonisel 3.



**Joonis 3.** FEV<sub>1</sub> sõltuvus kehapikkusest 11 meessõudjal.

Kuna meie uuring oli rohkem seotud sissehingamislihaste töö iseloomustamisega, siis analüüsisime, milliste näitajatega korreleeruvad maksimaalset sissehingamist iseloomustavad PIF ja MIP. MIP normiarvutusvalemite on see näitaja enamasti sõltuv ainult uuritava vanusest. Kuna meie uuringugrupis olid kõik noored sportlased, siis olid näiteks Evans ja Whitelaw (2009) järgi arvutades meeste normväärtused üsna kitsas vahemikus (106...112 cm H<sub>2</sub>O), samas mõõdetud väärtused olid palju suurem hajuvusega, vahemikus 98...234 cm H<sub>2</sub>O (joonis 4). Mõõdetud MIP väärtused ei korreleerunud ei vanuse ega pikkusega, ainus positiivne korrelatsioon oli MIP ja PIF vahel ( $p < 0.05$ ).



**Joonis 4.** MIP sõltuvus kehapikkusest 11 meessõudjal.

Tabelis 3 on esitatud vaatlusaluste aeroobse võimekuse näitajad astmelise koormustesti käigus.

**Tabel 3.** Vaatlusaluste astmelise koormustesti tulemused.

Parameeter (ühik)	Naised (n=2)		Mehed (n=11)		
	min	Max	keskmised SD	min	max
<b>Pa<sub>max</sub> (W)</b>	247,0	264,0	328,7±40	275,0	383,0
<b>P<sub>max</sub> (W)</b>	253,7	277,1	357,2±33,8	300,8	400
<b>VO<sub>2max</sub> (l/min)</b>	3,5	3,5	5,0±0,4	4,3	5,7
<b>VO<sub>2</sub>/kg (ml/min/kg)</b>	54,0	54,0	58,9±4,8	49,0	65,0

**Pa<sub>max</sub>** – maksimaalne aeroobne võimsus; **P<sub>max</sub>** – maksimaalne võimsus; **VO<sub>2max</sub>** –maksimaalne hapnikutarbimine; **VO<sub>2</sub>/kg** – maksimaalne hapnikutarbimine kilogrammi kehakaalu kohta.

Tabelis 4 on toodud vaatlusaluste tulemused intensiivsusel 90% maksimaalsest aeroobsest võimsusest (Pa<sub>max</sub>) ilma eelneva sissehingamislihaste soojendusega (Test 1) ja sissehingamislihaste soojendusega (Test 2) testil. Üheski meie poolt mõõdetud parameetris ega töövõimes ei leitud statistiliselt olulisi muutusi, võrreldes omavahel teste, millele ühel juhul eelnes sissehingamislihaste soojendus ning teisel juhul mitte.

**Tabel 4.** Vaatlusaluste (n=13) tulemused intensiivsusel 90% VO<sub>2max</sub> sissehingamislihaste soojendusega (Test 1) ja soojendusega (Test 2) testil.

Parameeter (ühik)	Test 1	Test 2	P
<b>Aeg (s)</b>	14,4±3,7	14,6±3,4	0,575
<b>Distants (m)</b>	4079,4±1047,5	4148,5±947,9	0,374
<b>HS (min<sup>-1</sup>)</b>	51,5±6,0	51,9±6,2	0,209
<b>V<sub>E</sub> (l/min)</b>	146,1±24,5	147,3±27,5	0,311
<b>SLS (min<sup>-1</sup>)</b>	175,9±8,9	173,8±9,8	0,110
<b>VO<sub>2max</sub> (l/min)</b>	4,5±0,6	4,5±0,6	0,345
<b>VO<sub>2</sub>/kg (ml/min/kg)</b>	55,2±4,6	54,8±5,4	0,363
<b>La post 3 (mmol/l)</b>	10,8±3,5	10,8±3,7	0,424
<b>La post 5 (mmol/l)</b>	10,1±3,1	10,2±3,7	0,508
<b>RER</b>	1,1±0,0	1,1±0,0	0,266

**HS** – hingamissagedus; **V<sub>E</sub>** – kopsude minutiventilatsioon; **SLS** – südamelöögisagedus; **La** – laktaadikontsentratsioon veres; **RER** – hingamiskoefitsient.

## 6. ARUTELU

Käesoleva uurimistöö eesmärgiks oli iseloomustada noorte sõudjate hingamisfunktsiooni näitajaid ja hinnata koormuseelse sissehingamislihaste soojenduse mõju submaksimaalse intensiivsusega sooritusvõimele, koormusjärgsetele laktaadinäitajatele ja välise hingamise parameetritele.

Hingamisläätajatest hindasime vaatlusaluste  $FEV_1$  suhet kehapiikkusesse ning leidsime, et  $FEV_1$  oli tugevas korrelatsioonis vaatlusaluste kehamõõtmega ( $r=0,89$ ). Samuti leidsime positiivse korrelatsiooni vaatlusaluste MIP ja PIF vahel, mis mõlemad iseloomustavad sissehingamist. Mõõdetud MIP väärtused ei korreleerunud ei vanuse ega pikkusega, seega tuleb enne sissehingamislihaste treeningu/soojenduse teostamist näiteks uuemate POWERbreathe<sup>®</sup> masinaga kindlasti mõõta sportlase MIP väärtus, mitte eeldada seda tema vanuse järgi.

Eelnevalt tehtud uuringud (Lin jt., 2007; Tong ja Fu, 2006; Volianitis jt., 2001B) näitasid, et sissehingamislihaste soojendus mõjutab positiivselt sooritusvõimet nii sõudjatel kuue minuti testil, kui sulgpalluritel erialase jalgade töö testil ja kui jooksjatel Yo-Yo testil. Antud uuringu käigus mõõtsime kahe testi erinevust nii distantsiliselt kui ka ajaliselt, kuid võrreldes hingamislihaste soojendusega või soojenduseeta teste, ei leidnud me statistiliselt olulisi erinevusi kummaski näitajas (Tabel 4).

Üheks erinevuseks varasemate uuringutega on kindlasti meie poolt läbiviidud testide intensiivsus. Kui Volianitis jt (2001B) kasutasid oma uuringus maksimaalset koormust, siis meie viisime oma katse mõlemad testid läbi intensiivsusel 90%  $VO_{2max}$  (kuid kestus ei ületanud 20 minutit, kuna muutused hingamisparameetrites on selleks ajaks juba toimunud). Meie testi intensiivsus sai valitud põhjusel, et nn „all-out“ või maksimaalsete testide puhul sõltuvad testi tulemused paljuski vaatlusaluste motivatsioonist maksimaalselt pingutada (McConnel ja Romer, 2004; Boutellier, 1992; Boutellier ja Piwko, 1992) ning seega on võimalik testi tulemustega kergemini manipuleerida. Fikseeritud koormusega test annab aga hea võimaluse jälgida vaatlusaluste füsioloogiliste näitajate muutusi konstantsetes tingimustes, kuid negatiivseks aspektiks võib kujuneda mõnevõrra väiksem sarnasus võistlusmomendile.

Hüpoteesidena tõime välja, et lisades sõudeergomeetril läbiviidud standardsele soojendusele spetsiifilise sissehingamislihaste soojenduse, paraneb vaatlusaluste sooritusvõime, kuna sissehingamislihaste väsimus tekib hiljem ning seega on jäsemete verevarustus suurem. Osad autorid on varasemates uuringutes leidnud, et hingamislihaste väsimise korral tekib reflektorselt verevarustuse vähenemine jäsemetes, et tagada

hingamislihaste töö (Sheel jt., 2001; St Croix jt., 2000; Harms jt., 1997). Meie läbiviidud uuringus sarnaseid muutusi ei täheldatud ning seega võib väita, et antud koormusega testide puhul siiski ei piisa ainult koormuseelsest sissehingamislihaste soojendusest, et sooritusvõime paraneks. Edaspidistes uuringutes võiks lasta vaatlusalustel koormuse ajal ja koormusjärgselt hinnata Borgi skaala abil hingelduse ja väsimuse astet, et oleks võimalik võrrelda, kas sissehingamislihaste soojendus tekitab vaatlusalustes näiteks subjektiivse tunnetuse, et antud koormus tundub varasemast kergem. Samas sportlase seisukohast vaadates, on oluline siiski lõpliku tulemuse paranemine, mitte subjektiivne väsimuse vähenemine.

Välistest hingamisparameetritest uurisime hingamissagedust ning eeldasime, et sissehingamislihaste koormuseelne soojendus alandab hingamissagedust (Thomas jt., 1999) ja suurendab ventilatsiooni ning lihastöö muutub ökonoomsemaks. Holm jt (2004) eeldasid oma uuringus samuti, et suurenenud ventilatsioon parandab saavutusvõimet. Samas suurenenud ventilatsiooni korral tarbivad hingamislihased rohkem hapnikku, mis tähendab jällegi vähem hapnikurikast verd jäsemetesse ning kutsub koormusel varem esile väsimuse. Siiski järeldasid nad ka, et kõrgem ventilatsioon võib parandada hapniku transporti. Seega pärast SHLT suutsid vaatlusalused taluda suuremat ventilatsiooni, ilma et tekiks hingeldus/düspnoe, mis võiks viia sooritusvõime paranemiseni. Kuid samuti võiks ka eeldada, et minutiventilatsioon hoopiski alaneb, kuna sissehingamislihaste töö muutub ökonoomsemaks ja hingamissagedus ei tõuse väga kõrgele ning ei muutu ebaefektiivseks. Antud uuringus ei näinud me statistiliselt olulist muutust ei hingamissageduses ega ka ventilatsiooninäitajates.

Samuti võis eeldada, et sissehingamislihaste soojendus kutsub esile koormusjärgsete laktaadinäitajate vähenemise Test 2 järgselt, võrreldes Test 1-ga. Varasemates uuringutes on sissehingamislihaste treeningu puhul nähtud koormusjärgse laktaadikontsentratsiooni alanemist (Romer jt., 2002; Boutellier, 1992; Spengler jt., 1999), seda eelkõige läbi sissehingamislihaste laktaadi ümbertöötlemise võime paranemise, kuna suureneb verevool diafragmasse ning hingamise ablihastesse, mis saavad paremini laktaati kasutada (Chiappa jt., 2008) Kuid väga vähesed uuringud on analüüsinud ainult sissehingamislihaste soojenduse mõju koormusjärgsele laktaadikontsentratsioonile (Lin jt., 2007). Samuti võivad madalamad koormusjärgsed laktaadinäitajad tuleneda antud lihaste vähenenud laktaadiproduktiooni tõttu (Brown jt., 2010), ning hingamislihaskonna „kiirema käivitumise“ tõttu testi alguses. Käesolevas uuringus me paraku ei leidnud statistiliselt olulist muutust kahe testi laktaadinäitajates, mis võib tuleneda näiteks sellest, et me kasutasime testides intensiivsust 90%  $P_{a_{max}}$ .

Analüüsides saadud tulemusi, ei näinud me kahe testi sooritamisel statistiliselt olulisi erinevusi üheski meie poolt mõõdetud näitajas. Ainuke näitaja, kus nägime muutuste tendentsi, oli südamelöögisagedus, kus kahe testi erinevuse  $p = 0,1$ . Põhjus, miks antud uuringus ei ilmnenud tugevamat seost, võib olla suhteliselt väikeses valimis. Kuid sellegipoolest tasuks järgnevates uuringutes edasi uurida sissehingamisliahaste koormuseelse soojenduse mõju pulsisagedusele ning näiteks ühe võimalusena kombineerida sissehingamisliahaste treening ja soojendus ning kasutada suuremat vaatlusaluste arvu.

## **7. JÄRELDUSED**

1. Käesolevas uuringus osalenud sõudjate forsseeritud hingamise voolu-mahu lingu näitajad ja MIP olid võrreldes ealiste normidega väga head.
2. Vaatlusaluste maksimaalse hapniku tarbimise väärtused olid võrreldavad rahvusvahelistes uuringus esinevate andmetega.
3. Sissehingamislihaste soojendus ei avalda mõju vaatlusaluste sooritusvõimele ja välise hingamise parameetritele koormustel intensiivsusega 90%  $P_{a_{max}}$ , ega ka koormusjärgsetele verelaktaadi kontsentratsioonidele.

## 8. KASUTATUD KIRJANDUS

1. **Altose M, Cherniack N, Fishman A.P.** Respiratory sensation and dyspnea. *J Appl Physiol* 1985;58:1051-1054.
2. **Boutellier U.** Respiratory muscle fitness and exercise endurance in healthy humans. *Med Sci Sports Exerc* 1998;30:1169-1172.
3. **Boutellier U, Buchel R, Kundert A, Spengler C.** The respiratory system as an exercise limiting factor in normal trained subjects. *Eur J Appl Physiol* 1992;65:347-353.
4. **Boutieller U, Piwko P.** The respiratory system as an exercise limiting factor in normal sedentary subjects. *Eur J Appl Physiol* 1992;64:145-152.
5. **Boussana A, Matecki S, Galy O, Hue O, Ramonatxo M, Le Gallais D.** The effects of exercise modality on respiratory muscle performance in triathletes. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33:2036-2043.
6. **Brown P.I, Sharpe G.R, Johnson M.A.** Loading of trained inspiratory muscles speeds lactate recovery kinetics. *Med Sci Sports Exerc.* 2010;42(6):1103-12.
7. **Dempsey J.A, Wagner P.D.** Exercise-induced arterial hypoxemia. *J Appl Physiol* 1999;87:1997-2006.
8. **Evans J.A, Whitelaw W.A.** The assessment of maximal respiratory mouth pressures in adults. *Respir Care* 2009;54:1348-1359.
9. **Fairbarn M.S, Coutts K.C, Pardy R.L, McKenzie D.C.** Improved respiratory muscle endurance of highly trained cyclists and the effects on maximal exercise performance. *Int J Sport Med* 1991;12:66-70.
10. **Gething A.D, Passfield L, Davies B.** The effects of different inspiratory muscle training intensities on exercise heart rate and perceived exertion. *Eur J Appl Physiol* 2004;92:50-55.
11. **Gething A.D, Williams M, Davies B.** Inspiratory resistive loading improves cycling capacity: a placebo controlled trial. *Br J Sports Med* 2004;38:730-736.
12. **Griffits A, McConnell A.K.** The influence of inspiratory and expiratory muscle training upon rowing performance. *Eur J Appl Physiol* 2006;99:457-466.
13. **Hanel B, Secher N.H.** Maximal oxygen uptake and work capacity after inspiratory muscle training: a controlled study. *J Sport Sci* 1991;9:43-52.
14. **Harro M.** Laste ja noorukite kehalise aktiivsuse ning kehalise võimekuse mõõtmise käsiraamat. Tartu: Tartu Ülikooli kirjastus; 2001;90-92.



15. **Harms C.A., Wetter T.J., St. Crois C.M., Pegelow D.F, Dempsey J.A.** Effects of respiratory muscle work on exercise performance. *J Appl Physiol* 2000;89:131-138.
16. **Holm P, Sattler A, Fregosi R.F.** Endurance training of respiratory muscle improves cycling performance in fit young cyclists. *BMC Physiology* 2004;4:9.
17. **Jürimäe J, Purge P.** Akadeemilise sõudmise üldised alused. 2006;32
18. **Kendall P.F, McCreary E.K, Provance P.G, Rodgers M.M, Romani W.A.** Muscles testing and function with posture and pain. Fift edition, 2005;233-241.
19. **Kingisepp P.H.** Inimese füsioloogia. 2006;77-106.
20. **Kuster SP, Kuster D, Schindler C, Rochat MK, Braun J, Held L, Brändli O.**  
Reference equations for lung function screening of healthy never-smoking adults aged 18-80 years. *Eur Respir J* 2008;31:860-868.
21. **Krustrup P, Mohr M, Nybo L, Jensen J.M, Nielsen J.J, Bangsbo J.**The Yo-Yo IR2 test: physiological response, reliability, and application to elite soccer. *Med Sci Sports Exerc* 2006;38(9):1666-73.
22. **Leith D.E, Bradley M.** Ventilatory muscle strenght and endurance training. *J Appl Physiol* 1976;41:508-516.
23. **Lepp A, Lepp-Kogermann E, Maimets O, Rooks G, Ulp K.** Inimese anatoomia I. Tallinn 1974;247-251.
24. **Lin H, Tong T.K, Huang C, Nie J, Lu K, Quach B.** Specific inspiratory muscle warm-up enhances badminton footwork performance. *Appl Physiol Nutr Metab* 2007;32(6):1082-8.
25. **Lomax M.E, McConnell A.K.** Inspiratory muscle fatigue in swimmers after a single 200m swim. *J Sports Sci* 2003;21:659-664.
26. **Markov G, Spengler C.M, Knopfli-Lenzin C, Stuessi C, Boutieller U.** Respiratory muscle training increases cycling endurance without affecting cardiovascular responses to exercise. *Eur J Appl Physiol* 2001;85:233-239.
27. **McConnell A .K.** Articles on triathlon. *Breathing and exercise* 2007;1-6.
28. **McConnell A.K, Romer L.M.** Respiratory muscle training in healthy humans: resolving the controversy. *Int J Sports Med* 2004;25:284-293.
29. **McMahon M.E, Boutellier U, Smith R.M, Spengler C.M.** Hyperpnea training attenuates peripheral chemosensitivity and improves cycling endurance. *J Exp Biol* 2002;205:3937-3943.
30. **Miller T.W.** The effects of expiratory resistance training on collegiate rowers. 2005

31. **Miller M.R, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, Crapo R, Enright P, van der Grinten C.P, Gustafsson P, Jensen R, Johnson D.C, MacIntyre N, McKay R, Navajas D, Pedersen O.F, Pellegrino R, Viegi G, Wanger J;** ATS/ERS Task Force. Standardisation of spirometry. *Eur Respir J* 2005; 26:319-338.
32. **Morgan D.W, Kohrt W.M, Bates B.J, Skinner J.S.** Effects of respiratory muscle endurance training on ventilatory and endurance performance of moderately trained cyclists. *Int J Sports Med* 1987;8:88-93.
33. **Nicks C, Farley R, Fuller D, Morgan D, Caputo J.** The effects of respiratory muscle training on performance, dyspnea and respiratory muscle fatigue in intermittent sprint athletes. *Med Sci in Sports Exerc* 2006;38.
34. **Nurmekivi A, Kingisepp P.H.** Jooksja hingamissüsteemi võimekusest ja selle mõjustamise võimalustest. *Spordipedakoogika instituudi teadus- ja õppemetoodiliste tööde kogumik VII*.1999;131-144.
35. **Ramirez-Sarmient A, Orozco-Levi M, Guell R, Barreiro E, Hernandez N, Mota S, Sangenis M, Broquetas J.M, Casan P, Gea J.** Inspiratory muscle training in patients with chronic obstructive pulmonary diseases: structural adaptations and physiological outcomes. *Am J Respir Crit Care Med* 2002;166:1491-1497.
36. **Riganas C.S, Vrabas I.S, Christoulas K, Mandroukas K.** Specific inspiratory muscle training does not improve performance or VO<sub>2</sub> levels in well trained rowers. *J Sports Med Phys Fitness* 2008;48:285-92.
37. **Romer L. M, McConnell A. K, Jones D. A.** Effects of inspiratory muscle training upon recovery time during high intensity, repetitive sprint activity. *Int J Sports Med* 2002;23:353-360.
38. **Romer L. M, McConnell A. K, Jones D. A.** Inspiratory muscle fatigue in trained cyclists: effects of inspiratory muscle training. *Med Sci Sports Exerc* 2002; 34:785-92.
39. **Romer L.M, McConnell A.K, Jones D.A.** Effects of inspiratory muscle training upon time trial performance in trained cyclists. *J Sport Sci* 2002;20:547-562.
40. **Prefaut C, Durand F, Mucci P, Caillaud C.** Exercise induced arterial hypoxaemia in athletes, a review. *Sports Med* 2000;30:47-61.
41. **Sheel A. W, Derchak P. A, Morgan B. J, Pegelow P. F, Jacques A. J, Dempsey A. J.** Fatiguing inspiratory work muscles causes reflex reduction in resting leg blood flow in humans. *J Physiol* 2001;537:277-289.

42. **Suzuki S, Sato M, Okubo T.** Expiratory muscle training and sensation of respiratory effort during exercise in normal subjects. *Thorax* 1995;50:366-370.
43. **Spengler C.M, Roos M, Laube S.M, Boutieller U.** Decreased exercise blood lactate concentration after respiratory endurance training in humans. *Eur J Appl Physiol* 1999;79:299-305.
44. **St Croix C.M, Morgan B.J, Wetter T.J, Dempsey J.A.** Reflex effects from a fatiguing diaphragm increase sympathetic efferent activity (MSNA) to limb muscle in humans. *J Physiol* 2000;529:493–504.
45. **Stuessi C, Spengler C.M, Knopfli-Lenzin C, Markov G, Boutellier U.** Respiratory muscle endurance training in humans increases cycling endurance without affecting blood gas concentrations. *Eur J Appl Physiol* 2001;84:582-586.
46. **Tong T.K, Fu F.H.** Effect of specific inspiratory muscle warm-up on intense intermittent run to exhaustion. *Eur J Appl Physiol* 2006;97(6):673-80.
47. **Volianitis S, McConnell A.K, Koutedakis Y, McNaughton L, Backx K, Jones D.A.** Inspiratory muscle training improves rowing performance. *Med Sci Exerc Sports* 2001;33:803-809. A
48. **Volianitis S, McConnell A.K, Koutedakis Y, Jones D.A.** Specific respiratory warm-up improves rowing performance and exertional dyspnea. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33:1189-1193. B
49. **Williams J.S, O’Keefe K.A, Ferris L.T.** Inspiratory muscle fatigue following moderate intensity exercise in heat. *J Sports Sci Med* 2005;4:39-247.

## **The effect of inspiratory muscle warm-up on submaximal rowing performance**

### **9. SUMMARY**

Inspiratory muscle training has been studied by several groups and it has been shown to improve inspiratory muscle strength and performance. However, inspiratory muscle warm-up before physical test has not been fully studied and at the moment there are very few studies that investigate the effects of only inspiratory muscle warm-up prior to the physical activity and how it might affect performance, breathing patterns etc.

There are different types of warm-up protocols with different intensities that athletes use to prepare for the competition. The main aim of this study was to compare how inspiratory muscle warm-up affects performance on rowing ergometer. Specific aims of this research were the following:

1. to measure athletes lung function indices, maximal oxygen uptake ( $\text{VO}_{2\text{max}}$ ) and maximal aerobic power ( $\text{Pa}_{\text{max}}$ ).
2. to compare the differences in performance and several parameter during and after 90%  $\text{Pa}_{\text{max}}$  intensity work following standard warm-up and standard warm-up with an additional inspiratory muscle warm-up.

13 competitive rowers (11 male, 2 female) participated in this research. Participants visited the laboratory three times: on the first day we conducted spirometry, measured maximal inspiratory pressure (MIP) and an incremental exercise test on rowing ergometer was performed to find out their maximal oxygen uptake. On the second and third time we carried out 90% intensity tests, but on one occasion we used standard warm-up and on the other occasion standard warm-up with inspiratory muscle warm-up, which included 2x30 inspirations with 40% MIP (POWERbreathe®). These two tests were completed in random order. During both 90%  $\text{Pa}_{\text{max}}$  tests we measured respiratory characteristics (ventilation, breathing frequency) and blood lactate concentration.

Our conclusions were following:

1. spirometric indices, MIP and  $\text{VO}_{2\text{max}}$  were very good compared to age related reference values,
2. inspiratory muscle warm-up prior to the 90%  $\text{Pa}_{\text{max}}$  intensity work does not improve rowing performance, breathing patterns or reduce blood lactate concentration.

## LISAD

### Lisa 1. Vaatlusaluste informatsioonileht.

Mind.....on informeeritud ülalmainitud uuringust ja ma olen teadlik läbiviidava uuriistöö eesmärgist ja uuringu metoodikast ja uuringuga seotud võimalikest kahjuohtudest ja kinnitan oma nõusolekut selles osalemiseks allkirjaga.

Tean, et uuringute käigus tekkivate küsimuste ja võimalike tervisehäirete kohta saan mulle vajlikku täiendavat informatsiooni uuringu teostajalt

Teadur Jarek Mäestu,

Kehakultuuriteaduskond, Kinantropomeetria osakond, Ravila 14A – 2073, Tartu

[Jarek.Maestu@ut.ee](mailto:Jarek.Maestu@ut.ee)

+37256477236

Uuritava või patsiendi informeerimise ja teadliku nõusoleku leht vormistatakse 2 eksemplaris, millest üks jääb uuritavale ja teine uurijale.

Uuritava allkiri.....

Kuupäev, kuu, aasta.....

Uuritavale informatsiooni andnud isiku nimi:.....

Uuritavale informatsiooni andnud isiku allkiri.....

Kuupäev, kuu, aasta.....